



听《中国科学报》《中国科学报》官微



科学网 App



科学网官微

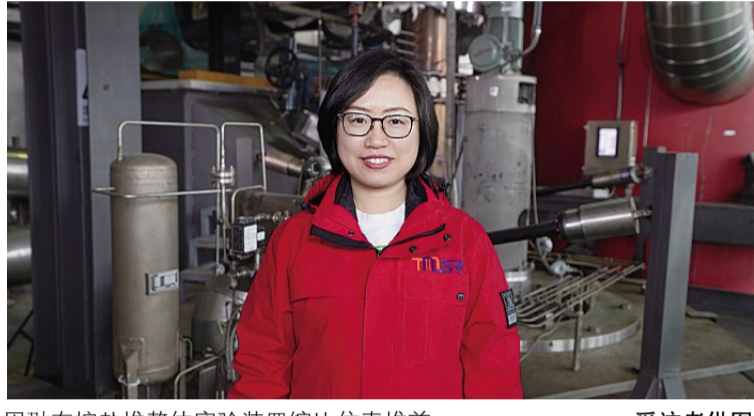
周翀：核反应堆“玩”家的取舍

■本报记者 张双虎

开栏语

在奋力抢占科技制高点征程中，中国科学院女科技工作者在科研创新中作出了独特贡献。

《中国科学报》自今日起开设“科苑星光·巾帼风采”专栏，通过讲述她们的科研经历和感人故事，充分展现新时代女科技工作者的精神品质。她们的奋斗历程，正是中国科学院广大女科技工作者克服困难，勇攀科研高峰的生动写照。



周翀在熔盐堆整体实验装置缩比仿真堆前。

受访者供图

参加中国科学院三八红旗手表彰会那天，中国科学院上海应用物理研究所(以下简称上海应物所)研究员周翀一下就被院机关大楼大厅悬挂的巨幅油画吸引住了。

这幅名为《献给敢于攀登科学高峰的同志们》的作品，描绘了层层叠叠直插云霄的雪峰下，几个豆粒大的身影正仰望峰顶，准备攀登。

“那一刻很有触动。”周翀告诉《中国科学报》。

从 2013 年博士毕业加入上海应物所钍基熔盐堆团队，到熔盐堆首次临界、首次满功率运行和全球首次熔盐堆加钍实验，再到站在这幅油画前准备领取荣誉证书，周翀觉得自己和团队成员极了油画中那些站在雪山脚下的人——同样面对一座座无人攀登过的高峰，同样身影渺小但目标清晰、意志坚定……

挑战：别人读研，我们上小学

钍基熔盐堆是第四代核能系统国际论坛(GIF)提出的 6 种堆型之一。它容易实现“钍-铀”循环，是国际公认最

适合钍资源利用的反应堆类型，但技术成熟度低、研究基础薄弱，实现难度极大也是行业共识。上世纪中期，美国橡树岭国家实验室曾做过相关研究，后因多种原因被迫终止。

我国钍资源丰富，已探明储量位居世界第二。如果攻克钍基核能问题，不但我国核能可持续发展问题迎刃而解，甚至未来全球能源格局都将改变。2011 年，中国科学院启动了战略性先导科技专项“未来先进核裂变能——钍基熔盐堆核能系统”。

反应堆像个“大炉子”，用核燃料在“炉子”里燃烧产生的热量来发电、制氢。在钍基熔盐堆中，核燃料通过裂变链式反应发热，热量需要通过数个相互“嵌套”的熔盐冷却系统安全导出、高效利用。此外，核反应停止后，核素衰变产生的热量也必须顺利排出，从而保证反应堆的安全。因此，反应堆及其冷却系统的热工流体力学设计是钍基熔盐堆项目的关键环节之一。

周翀是钍基熔盐堆热工流体力学设计团队负责人。她介绍说，钍基熔盐堆的核燃料溶解在熔盐中，属于液态燃

料，这和其他采用固态燃料的堆型完全不同。熔盐既是产热的燃料，又是传热介质，还要作为冷却剂为结构材料降温，这让钍基熔盐堆热工流体力学设计充满挑战。

周翀毕业于上海交通大学核科学与工程系，她的老师和同学多在核工业领域工作，其中不少从事反应堆研究。但提到钍基熔盐堆，真正了解的人寥寥无几。

钍基熔盐堆核能系统项目启动时，面临无可借鉴技术基础、无成熟计算工具、无可借鉴工程经验的“三无”困境。“和其他堆型的技术积累相比，人家已经在上研究生的课了，我们还处在小学阶段，而且连课本都没有。”周翀说。

正因如此，钍基熔盐堆项目在基础研究、技术攻关与方案选型阶段就花了数年时间。2017 年夏，实验堆设计方案确定下来。直到此时，对不确定性的担忧依然是研究团队心头挥之不去的阴云。

“很长一段时间里，外界不知道我们在干啥，少数知道我们在干啥的也不看好，觉得根本做不出来。”周翀说，“比

漫长孤独更难熬的是自我怀疑，最终结果出来之前，不确定因素很多，没有人知道最后能做成什么样。”

攻坚：无论谁在台前，背后都是团队的托举

2023 年 6 月 7 日，实验堆运行许可证获批。同年 10 月 11 日，反应堆首次临界。功率提升的重任随之交到了周翀手中。

这是一场持续 8 个月的攻坚战。每次功率提升实验只有三五天，但筹备工作却很漫长。在实验过程中，问题经常比目标功率更早出现。设备、系统、参数一旦出现异常，就要停下来排查、维修、测试、改进。通过 6 轮实验，他们将核功率从 0 一步步提升至 100%(满功率)。

那段时间，周翀 8 点多进入主控室工作，直到晚上快 11 点才回到驻地。稍事休息，当天的实验数据传来，她和团队又开始计算、分析，处理完数据通常是后半夜。

“功率提升要求反应堆 24 小时连续运行，我们‘连轴转’是常态。”周翀回忆说，“但那时并没觉得特别累，紧张和专注会让人进入忘我状态。”

尽管功率提升由热工流体力学团队牵头，但反应堆运行期间，所有专业系统都要有人在现场提供保障。一个系统出问题，相关团队会冲在前面，其他人则全力“打掩护”。锚定共同目标、共同解决困难的过程让大家对技术问题的理解和认知趋向一致。

(下转第 2 版)



全民早期预警中国方案“妈祖”支持 40 余国“云”上应用

本报讯(记者高雅丽)4 月 22 日，在全球共享发展行动论坛第三届高级别会议气象分论坛上，全民早期预警中国方案“妈祖(MAZU)”实践经验和成果集中亮相。据悉，“妈祖(MAZU)”自 2025 年 7 月发布以来，已在 7 国落地应用，支持全球 40 余国“云”上应用，向 153 个国家和地区提供百余种数据产品，国际培训惠及 89 个国家和地区，形成了分阶段、多渠道的合作格局。

中国气象局在论坛上发布了新一代“妈祖(MAZU)”早期预警云端公共版，2026 年“缩小早期预警差距”能力建设项目及“一带一路”气象访问学者项目计划，助力提升全球气象防灾减灾能力，缩小全球早期预警能力差距。

当前，全球极端天气气候事件频发，早期预警能力建设成为各国防灾减灾的迫切需求和共同使命。基于中国早期预

警和防灾减灾经验，“妈祖(MAZU)”形成覆盖各类气象风险的一站式解决方案，形成“监测—预警—发布—响应”的全流程闭环，实现从技术能力到防灾减灾实效的转化。

“妈祖(MAZU)”将人工智能推理结果转化为直观决策依据，嵌入预报业务流程并联动本地系统，触发递进式预警与高级别“叫应”机制。在此基础上，中国气象部门依托“妈祖(MAZU)”搭建完整技术体系，面向公众、政府、行业全球覆盖，采用模块化架构，支持菜单式供给、定制化合作，使“妈祖(MAZU)”成为灵活部署、按需适配、可持续发展的全球公共产品。

下一步，中国气象局将依托 28 个全球和区域中心职能，携手各方共建共享“妈祖(MAZU)”，为全球防灾减灾和可持续发展贡献中国智慧和方案。



近日，为迎接第十一个中国航天日和中国航天事业创建 70 周年，各地学校开展航天与科技相关主题活动，让学生感受科技魅力，在孩子们心中种下热爱科学、探索宇宙的种子。

图为河南商丘一家幼儿园的老师在主题科普活动现场为小朋友讲解运载火箭模型。

图片来源：视觉中国

打印“光子织物”，像印报纸一样简单

■本报记者 甘晓

4 月 22 日，中国科学院化学研究所(以下简称化学所)研究员宋延林团队联合新加坡国立大学教授仇成伟团队在《自然》发文，提出打印多尺度光学超材料的全新范式，用低成本纳米颗粒“墨滴”实现了全彩色打印。同时，团队自主研发的打印制造设备实现了多尺度光学超材料的大规模可控制备与精准集成，让超材料生产“像印报纸一样简单”。

“研究成果能在高水平期刊上发表，我们当然高兴，但这远不是我们的目标。”宋延林告诉《中国科学报》，“我们希望为行业、为国家、为世界作出贡献。”

“打印”光子织物

自然界的五彩斑斓，大多源自天然色素分子。这类分子吸收特定波长的光线，将剩余光线反射入人眼，由此形成的色彩被称为“化学色”。而另一些绚丽色彩则由物理结构产生，比如蝴蝶翅膀上变幻灵动的金属光泽，这种“结构色”的奥秘，就藏在微观世界中排布精巧的纳米结构里。

“它本质上依靠的是肉眼不可见的、纳米尺度的周期性微观结构。”宋延林介绍道。这种结构周期与可见光波长相匹配，会对特定波长的光产生选择性反射与衍射，使这部分光无法在材料内部传播，进而形成光子带隙。与染料吸收部分光线显色不同，结构色正是依靠这部分无法透过的光，呈现出人们所见的色彩。

如今，科学家已不再满足于简单模仿自然，而是尝试通过人工设计，构筑出一种可任意调控光线的“光子织物”——光学超材料。在这种“织物”上，只需通过调控结构单元的几何参数与空间排布，就可以突破传统材料的物理极限，实现光的偏转、隐身、聚焦、全息成像等一系列天然材料难以实现的特殊光学功能。

不过，光学超材料的研究和应用目前仍面临结构研究局限、制备效率低、成本高的难题，阻碍其走向实际应用。

对此，科研团队创新性地采用“打印”策略，突破上述技术瓶颈。这一过程面临着从微米到纳米尺度的精准形貌控制，以及确立微纳结构与光学性能之间定量构效关系的双重挑战。

团队以一种白色的高分子乳液材料为“墨滴”，聚合物膜为“纸张”，创制由纳米颗粒有序组装而成的三维微米“穹顶”结构。这让研究人员能够像设计师一样，综合调控“穹顶”的大小、曲率和内部纳米颗粒的尺寸。

研究人员表示，每一个打印而成的微小墨滴都成为一个可精确显示特定颜色的“像素点”。无需使用任何化学染料，就能打印出全彩色图画，实现对色彩的高精度、定制化调控。

论文共同第一作者、仇成伟团队的陈剑锋表示，这项研究的意义远不止于对色彩的调控，更重要的是揭示了多尺度光学超材料的光场调控规律。

此外，该超材料还具备优异的本征柔性与环境稳定性，为在柔性可穿戴光学、智能传感等领域的应用拓展了空间。

“像印报纸一样简单”

2024 年 4 月前后，科研团队在实验室成功实现了小规模的打印。

“宋老师一直鼓励我们，科研工作要做到最好。”论文通讯作者、化学所副研究员李会增表示。因此，如何突破实验室“单点制备”局限，实现米级的大面积工业化生产，成为一项新挑战。



跨尺度光学集成打印。研究团队供图

应用的关键。

为攻克这一难关，团队不断探索——最初使用几十公斤重的金属板进行验证，最终在化学所昌平基地搭建起 3.7 米长的卷对卷生产线。研发的过程并非一帆风顺。论文第一作者、化学所的李剑旋回忆道：“技术未成熟时，打印出的画面常常是一片模糊，或者杂乱无章，如同下雨时凌乱的雨珠。”

转机出现在两个月后，团队第一次成功打印出清晰的图案。此后，他们又对设备进行了持续改进与优化，成功构建了首套支持微米—纳米跨尺度集成打印的卷对卷增材制造平台。

“这项成果体现了材料科学、微纳光学与先进制造的深度交叉融合。团队开发的卷对卷增材纳米打印技术，让光学超材料的生产变得像印报纸、书刊一样简单高效，不仅彻底打破了高成本的技术壁垒，大幅提升了量产效率，还能通过按需打印，为每一个超材料像素单元定制专属的光学性质，从而为定制化微纳光学研究开辟了新思路。”宋延林为此感到欣慰。

20 年深厚积累

在宋延林看来，团队之所以能在短时间内快速研制出这台设备，离不

为榜样，不断提高能力水平，奋力抢占科技制高点，为实现高水平科技自立自强和建设科技强国贡献智慧和力量。

中国科学院第七届科苑名匠共 13 个团队和 7 名个人。活动现场发布了科苑名匠宣传片，生动讲述了他们甘坐冷板凳，攻坚克难、潜心钻研的奋斗故事，展现了他们几十年如一日，精益求精、追求卓越的工匠精神。

中国科学院力学研究所 JF-22 超高速风洞团队、中国科学院遗传与发育生物学研究所研究员高彩霞、中国科学院植物研究所生物多样性与生态安全科技创新团队、中国科学院近代物理研究所强流重离子加速器前沿创新和重大应用团队、中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心研究员赵毅拓进行了现场演讲，分享了他们科研道路上的初心使命和攻坚历程。中国科学院院士马克平等代表以科学寄语方式分享了他们的科研感悟，用书信致敬科学，并投入“科学信箱”永久留存。

世界最大规模宇宙学模拟“千衍”首批成果发布

本报讯(记者甘晓)科学家利用约 4.2 万亿个虚拟粒子，在超级计算机中搭建了一个边长 120 亿光年的“数字宇宙”——这便是迄今世界规模最大的宇宙学模拟“千衍”。4 月 23 日，在中国科学院国家天文台(以下简称国家天文台)举办的宇宙学模拟项目科学研讨会上，由中国科学家领衔的国际团队发布了“千衍”模拟的首批研究成果。

国家天文台研究员王乔介绍，“千衍”模拟从大爆炸之后的宇宙早期开始，通过计算宇宙中物质的引力作用，高精度模拟再现了百亿年尺度上宇宙大尺度结构的形成与演化过程。借助星系形成半解析模型，“千衍”模拟还可生成星系星族、光度、颜色、光谱能分布和星流观测图像等信息。

通过将高精度虚拟宇宙与实际观测进行比较，“千衍”模拟将为研究暗物质、暗能量等基础宇宙学问题提供重要支撑，深化对星系演化规律的认知。同时，模拟数据将为中国空间站巡天望远镜(CSST)、欧洲空间局欧几里得空间望远镜(Euclid)等大型

巡天项目提供重要的科学支撑。

该模拟依托中国科学院计算机网络信息中心“东方”超级计算机运行，使用了由国家天文台团队自主开发的软件 PhotoNs。该软件面向国产自主超算平台进行了深度优化。经过数年攻关，团队具备了在上万张加速卡上进行长时间高效稳定计算的能力，标志着我国在宇宙学领域取得重要突破。对此，美国得克萨斯大学奥斯汀分校教授 Mike Boylan-Kolchin 评价：“‘千衍’模拟是一个计算奇迹，它在模拟体积和质量分辨率的覆盖范围上前所未有。”

近日，“千衍”模拟的首篇学术论文在英国《皇家天文学会月刊》发表。论文以距离地球约 40 亿光年的著名大质量并合星系团阿贝尔 2744 为研究对象，检验了“千衍”模拟研究极端稀有天体的能力。

据悉，“千衍”模拟首批数据计划通过国家天文科学数据中心向全球发布。

相关论文信息：<http://doi.org/10.1093/mnras/stg540>

相关论文信息：<http://doi.org/10.1093/mnras/stg540>